



BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 14 756 A 1**

⑤ Int. Cl. 5:
G 01 P 3/42
G 01 D 5/12
B 23 Q 17/10
// G 01 P 3/49.3/50,
G 01 B 7/02, G 01 P
15/00, B 65 G 43/00,
B 66 C 13/00, B 66 D
1/74

⑳ Aktenzeichen: P 40 14 756.8
㉑ Anmeldetag: 8. 5. 90
㉒ Offenlegungstag: 21. 11. 91

DE 40 14 756 A 1

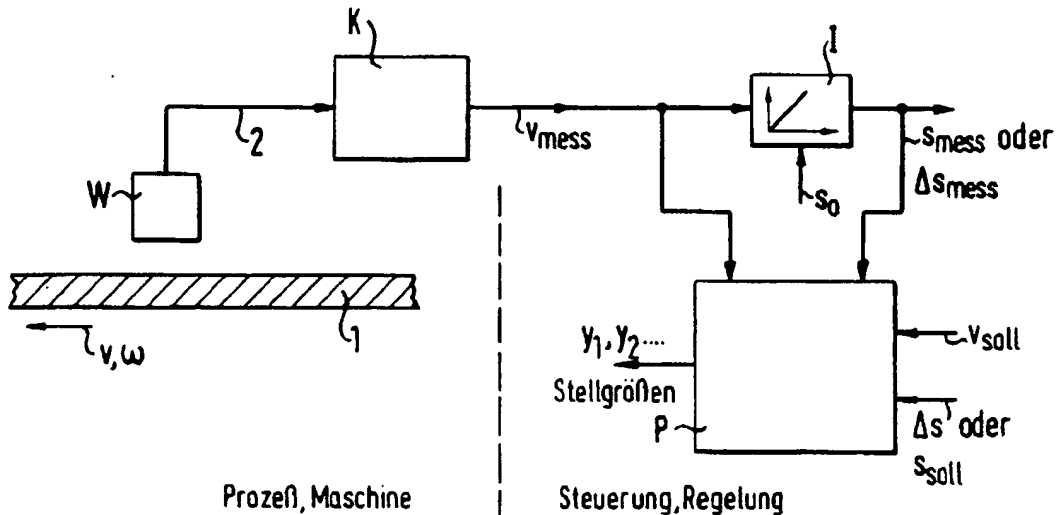
㉑ Anmelder:
CENITH SYSTEMS GmbH & Co KG, 7316 Köngen, DE

㉒ Vertreter:
Boeters, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Bauer, R.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

㉓ Erfinder:
Ott, Gerhard; Rohde, Roland, Dipl.-Ing., 7316
Köngen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung von Bewegungen
⑤7 Die Erfindung betrifft sowohl eine Vorrichtung als auch ein
Verfahren zur Erfassung von Bewegungen, insbesondere
Geschwindigkeiten eines bewegbaren oder drehbaren Kör-
pers.



DE 40 14 756 A 1

Die Erfindung betrifft sowohl eine Vorrichtung als auch ein Verfahren zur Erfassung von Bewegungen, insbesondere Geschwindigkeiten eines bewegbaren oder drehbaren Körpers gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

Vorrichtungen und Verfahren der genannten Art werden vielfach industriell und fertigungstechnisch im gesamten Bereich des Maschinenbaus, vorzugsweise im Bereich der Automatisierungstechnik eingesetzt. Hierbei liegen bevorzugte Anwendungsgebiete des Bewegungssensors an Fertigungsmaschinen, Fertigungsstraßen oder an Maschinen, wie Kranen, Spills, Winden, Drahtzieh- und Verseilanlagen. Auch die Anwendung im Walzwerksbereich und bei der Fördertechnik sind denkbar. Ein wesentlicher Gesichtspunkt neben der Möglichkeit der Messung von Bewegungen, und hierbei vorzugsweise der Geschwindigkeit, ist die Anwendung in der Prozeßsteuerung, der Prozeßüberwachung sowie der Fertigungslenkung (CIM, CAM = computer aided manufacturing). In zunehmenden Maße werden auch für die genannten Anwendungsgebiete elektronische Schaltungen und Steuerungen sowie elektronische Sensoren und Meßfühler eingestellt, die den Prozeß- oder numerischen Steuerungen Informationen über den System- oder Fertigungszustand übermitteln. Die erfaßten Meßgrößen, wie Geschwindigkeiten, Drehgeschwindigkeiten, Drehzahlen, Längen, Wegdifferenzen, Beschleunigungen, können auf zweierlei Arten ausgewertet werden. Einmal zur Prozeßführung oder -steuerung, zum zweiten zur Prozeßüberwachung. Hand in Hand geht hiermit die Notwendigkeit, daß die zu überwachenden Systemgrößen, wie beispielsweise eine maximale Geschwindigkeit oder eine vorgegebene Länge bzw. Wegdifferenz, ausfallsicher und zuverlässig gemessen werden müssen. Ein besonderes Problem stellt hierbei die kontinuierliche Erfassung der genannten Geschwindigkeiten und Längeneinheiten dar.

Es sind hierfür optische Verfahren, z. B. Lasermeßeinrichtungen, bekannt, die unter Laborbedingungen hervorragende Ergebnisse aufweisen. Auf Grund ihrer Empfindlichkeiten und nicht unwesentlich auch auf Grund ihrer hohen Kosten sind sie für den Einsatz in der Fertigungs- und Steuerungstechnik nicht geeignet.

Als kostengünstige und einfache Lösung findet in der Industrie nach wie vor das Reibrad bzw. die Laufrolle als sensorische Einheit Anwendung. Diese Technik ist grundsätzlich mit einem Meßfehler verbunden, da die auf mechanischen Friktionskräften beruhende mechanische Kopplung zwischen Reibrad und bewegtem Körper, Gegenstand oder Material grundsätzlich einen Schlupf erfordert. Der Schlupf ist definiert als Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Laufrades und der Geschwindigkeit des Körpers oder Materials an der Berührungsstelle bzw. Fläche. Die Größe des Schlupfes hängt wesentlich von der Oberflächenbeschaffenheit des Materials oder bewegten Körpers ab, sie hängt ferner von dem Grad der Verunreinigung der Oberfläche des Körpers oder des Materials, z. B. durch Kühl- oder Schmiermittel, sowie im besonderen von der Normal-Andruckkraft des Reibrades an den bewegbaren Körper ab.

Empfindliche Materialien, z. B. dünne Drähte oder Materialien mit empfindlicher Oberfläche sind auf Grund der mechanischen Beanspruchung durch Abtastung mittels des Reibrades nicht für diese Art der Sensorik geeignet.

Hier setzt der Erfindungsgedanke an, und ihm liegt u. a. die Aufgabe zugrunde, eine für den rauen Industriealltag einsetzbaren Bewegungssensor, insbesondere einen Geschwindigkeits- und/oder einen Längensensor zu schaffen, der sowohl für den Sensor als auch für das bewegte Material verschleißfrei und schonend anwendbar ist. Es ist gleichfalls eine Aufgabe der Erfindung ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 5 im genannten Sinne zu verbessern und hierbei insbesondere ein Arbeitsverfahren für die vorgenannte verbesserte Bewegungs-Erfassungsvorrichtung anzugeben.

U. a. diese Aufgabe hat erfindungsgemäß bei einer Vorrichtung gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 ihre Lösung in den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gefunden. Ebenfalls gelöst ist die zweitgenannte Aufgabe durch die im Kennzeichen des Anspruchs 5 angegebenen Verfahrensmerkmale.

Ein wesentlicher Vorteil liegt in dem erfindungsgemäßen Effekt der hohen Zuverlässigkeit. Diese kann durch Verschleißfreiheit gewährt werden, auch bedingt die schonende Betriebsweise des Bewegungssensors die erfindungsgemäße hohe Zuverlässigkeit.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt in der berührungslosen bzw. kontaktlosen Bewegungserfassung. Hierbei wird ein Bewegungssignal, insbesondere ein Geschwindigkeitssignal unabhängig von der Oberflächenbeschaffenheit des bewegten Körpers oder Gegenstandes zur Verfügung gestellt.

Die berührungslose Erfassung der Geschwindigkeit bzw. der Bewegung wird erfindungsgemäß durch die Auswertung des Gefügerauschens möglich. Das Gefügerauschen wird hierbei mittels eines Wirbelstromprüfverfahrens indiziert und mittels eines programmtechnisch oder schaltungstechnisch realisierten Korrelators ausgewertet. Die Auswertung ergibt ein zuverlässiges Meßsignal für die Geschwindigkeit bzw. nach entsprechender Umformung ein solches für Weglängen oder Beschleunigungen des zu messenden Gegenstandes, Körpers oder Materials.

Das zuvor genannte Gefügerauschen stellt ein Frequenzgemisch dar. Dieses Frequenzgemisch setzt sich aus Frequenzanteilen zusammen, die während des Prüfens durch die Inhomogenitäten des Materials, durch Prüfsignale sowie durch allgemeine stochastische Störsignale entstehen. Die Anwendung des Autokorrelationsverfahrens ermöglicht es auf Grund des stochastischen Charakters der Störsignale innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne den Frequenzanteil herauszulösen, der mit den Inhomogenitäten des Materials korreliert ist. Wird gemäß vorteilhafter Weiterbildung ebenfalls ein statistisches Zufallssignal als Prüfsignal eingesetzt, so kann der für die Inhomogenitäten charakteristische Nutz-Signalverlauf aus dem — unter Umständen einen vielfach höheren Störanteil enthaltenden — Stör- und Nutzsignalgemisch besonders vorteilhaft herausgelöst werden. Dieser, mit den Inhomogenitäten des Materials charakteristische Frequenzanteil, bildet ein Maß für die Relativgeschwindigkeit zwischen dem bewegten Gegenstand, Körper oder Material und dem Wirbelstromprüfgerät.

Es ist erfindungsgemäß möglich, sowohl das Wirbelstromprüfgerät bzw. seine Meßsignale abgebenden und Meßsignale aufnehmenden Sonden ortsfest anzubringen und u. a. die Geschwindigkeit v eines vorbeiziehenden Körpers oder Materials zu erfassen. Auf gleiche Weise ist es möglich, daß das genannte Material ortsfest verbleibt und die Sonde bzw. das Prüfgerät bewegt

wird. Auch eine beiderseitige Bewegung ist denkbar.

Das mit den Inhomogenitäten des Materials korrelierte Nutzsignal oder eine entsprechende Frequenz ist charakteristisch für eine bestimmte Position des Materials. Wird das Material bewegt, so entsteht gemäß weiterer vorteilhafter Weiterbildung in einem gegenüber dem ersten Detektor ortsversetzten Empfänger (Detektor) ein gleichartig charakteristisches Signal, das lediglich lauffzeitversetzt ist. Nach Entfernung der Prüfsignal- und Störsignalanteile durch Autokorrelation kann bei gemäß der Autokorrelation gewähltem Zeitversatz im Korrelator die Zeit ermittelt werden, die verstrichen ist, bis das charakteristische Signal von dem einen Detektor zu dem zweiten Detektor gelangt ist. Bei bekannter Ortsdifferenz (Distanz) der Detektoren kann hieraus eine Geschwindigkeit errechnet werden.

Die erfindungsgemäße Lehre ist vorrangig für Messungen an metallischen Materialien geeignet. Es können gemäß vorteilhafter Weiterbildung auch die Bewegung bzw. Geschwindigkeit nichtmetallischer Materialien erfaßt werden, hierfür wird der Verschiebungsfluß in den isolierenden Materialien angewendet.

Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Prozesses mit seiner Steuerung bzw. Regelung.

Fig. 2a einen gemäß der Erfindung einsetzbaren Korrelator sowie

Fig. 2b ein Detail-Blockschaltbild des Korrelators von Fig. 2a,

Fig. 3a ein erfindungsgemäßes Wirbelstromprüfgerät, welches zur Bestimmung der Geschwindigkeit v eines bewegbaren Körpers gemäß der Erfindung einsetzbar ist sowie

Fig. 3b eine Anordnung von Primär-Induktionsspule und Sekundär-Detektorspule, die zur Messung der Geschwindigkeit eines bewegten Drahtes vorgesehen sind und

Fig. 4 ein regelungstechnisches Ersatzschaltbild zur Bestimmung weiterer Systemgrößen, wie Drehzahl, Weglänge oder Beschleunigung.

Fig. 1 zeigt mit der Bezugsziffer 1 einen eine Drehbewegung oder Linearbewegung ausführenden bewegbaren Körper oder bewegbaren Material. Dieses kann beispielsweise ein metallischer Leiter, ein Draht oder ein in eine Drehbank eingespanntes Werkstück sein. In seiner nächsten Umgebung ist ein Wirbelstromprüfgerät W angeordnet, das mit einem Korrelator K verbunden ist. Der Korrelator K gibt ein der Geschwindigkeit v des Gegenstandes oder Materials entsprechendes Signal ab. Dieses ist mit v_{mess} bezeichnet. Dieses Signal wird nun einerseits zu Überwachungszwecken und andererseits zu Steuer- und Regelprozessen einem Prozeßrechner P zugeführt. Der Prozeßrechner P kann ebenso durch einen Mikrorechner gebildet sein, der einzelne Teile von größeren Prozessen steuert bzw. regelt. Ihm kann ein entsprechender Geschwindigkeitssollwert oder Maximalwert vorgegeben werden, seine Ausgangsgrößen werden von Stellgrößen $y_1, y_2 \dots$ gebildet, die den im linken Halbbild von Fig. 1 gezeigten Prozeß steuern und beeinflussen. Als Stellgrößen können beispielsweise Sollwerte für numerisch gesteuerte Maschinen oder direkte Spannungs- oder Stromwerte eingesetzt werden, die bereits die Antriebe steuern, welche die Geschwindigkeit oder Drehzahl des bewegbaren Körpers verursachen. Ebenfalls ist ein Integrator I vorgesehen, der das gemessene Geschwindigkeitssignal v_{mess} in ein Wegsignal s_{mess} oder Δs_{mess} umsetzt. Dieser Integrator kann

schaltungstechnisch oder programmtechnisch realisiert sein. Ebenso kann der Korrelator K schaltungstechnisch oder programmtechnisch aufgebaut sein, er kann ebenso Bestandteil des Prozeß- oder Mikrorechners P sein.

Der in Fig. 1 gezeigte Korrelator K kann nun auf zwei Weisen arbeiten, einmal direkt ("on-line") oder indirekt ("off-line"). Im ersten Fall gibt der Korrelator ein kontinuierliches (direktes) Geschwindigkeitssignal auf Grund von aktuell eintreffenden Eingangsgrößen, die ihm von dem Wirbelstromprüfgerät W zugeleitet werden, ab. Im zweiten Fall werden die von dem Wirbelstromprüfgerät W zugeführten Signale zunächst entsprechend gewandelt und angepaßt und dann gespeichert, um im Nachhinein (indirekt) eine Autokorrelation mit einem als "Datensatz" oder als "Datenblock" gespeicherten Wertebereich durchzuführen ("off-line").

Fig. 2a zeigt prinzipiell den Aufbau des Korrelators K mit seinen zwei Eingangssignalen u_a und u_b . Als Ausgangsgröße gibt der Korrelator K in dem Anwendungsbeispiel eine gemessene Geschwindigkeitsgröße v_{mess} ab, die der Geschwindigkeit v oder der Relativgeschwindigkeit zwischen Sonde/Empfänger 10, 11, 14 des Wirbelstromprüfgerätes W und dem Gegenstand, Körper oder Material 1 entspricht. Die zwei Eingangsgrößen u_a und u_b können auf verschiedene Arten mit Signalen von dem Wirbelstromprüfgerät W beaufschlagt werden. Fig. 2b zeigt ein Blockschaltbild des Korrelators K von Fig. 2a. Sowohl das erste als auch das zweite Eingangssignal u_a, u_b werden einem Multiplizierer 14 zugeführt, dessen Ausgangs-Multiplikationsprodukt einem Glättungsglied 15 zugeführt werden, welches als Integrator oder als Tiefpaß, dessen Grenzfrequenzen deutlich unterhalb den Eingangsfrequenzen des Korrelators liegt oder als gleitender Mittelwertbildner, der jeweils einen Mittelwert über eine vorgegebene Anzahl von Datenwerten bildet. Das zweite Eingangssignal u_b des Korrelators wird, abhängig von der Verwendung des Korrelators, entweder aus einem direkt von dem Wirbelstromprüfgerät W abgegebenen Signal oder von einem Ausgangssignal eines Totzeit- oder Laufzeitglieds 13 gebildet, dessen Eingangssignal eines der Signale des Wirbelstromprüfgerätes ist. Das Laufzeit- oder Totzeitglied kann auch als Tiefpaß ausgebildet sein mit vorgegebener Phasenschiebung Δv für eine vorgegebene Eingangsfrequenz.

Die Fig. 3a und 3b zeigen Detail-Blockschaltbilder des Wirbelstromprüfgerätes W mit einer Prüfsonde 10 und einer oder mehreren Detektoren 11, 14 zur Erfassung des Gefügerauschens des vorbeiziehenden Gegenstandes oder Materials 1. Fig. 3b zeigt schematisch eine mögliche Anbringung der als Prüfsonde 10 und Detektor 11 einsetzbaren Induktions- bzw. Meßspulen. Prinzipiell ist es möglich, das Bewegungs-Erfassungssystem und das hierzu angewendete Verfahren auch durchzuführen, wenn nur eine einzige Prüfsonde 10 vorgesehen ist, die ein Prüfsignal an/in den vorbeiziehenden Gegenstand abgibt/induziert. Die erforderliche Information über die charakteristischen Merkmale des Materials 1 werden hierbei aus der Phasenlage zwischen Spannung und Strom sowie der Stromamplitude oder Spannungsamplitude an der Prüfsonde 10 gezogen. Dies entspricht der Auswertung der jeweils gültigen Ortskurve einer (im Sekundärkreis) durch Wirbelströme belasteten Primär-Induktionsspule. Eine Temperaturabhängigkeit und damit höhere Genauigkeit läßt sich gemäß Fig. 3b dann erzielen, wenn zwei Spulen vorgesehen sind, eine Primär-Induktionsspule 10 zur Abgabe des Prüfsignals u_1 als Magnetfeld an das vorbeibewegende Material (in

dem gezeigten Falle die Bewegung eines gezogenen Drahtes 1) und eine Detektorspule 11 oder 14 zur induktiven Erfassung des Gefügerauschens. Hierbei ist besonders vorteilhaft eine ringförmige oder kreissegmentartige bzw. toroidförmige Spule 11, 14 als Detektor einsetzbar. Sie gibt das dem Gefügerauschen proportionale Signal u_2 ab. Es sind ferner nicht dargestellt, jedoch ebenso einsetzbar eine Differenzspule, die aus zwei gegensinnig und in unmittelbarer Nachbarschaft angeordneten Spulen besteht, oder eine der Primär-Induktionsspule ähnliche Sekundär-Erfassungsspule.

Fig. 3a zeigt ferner im Wirbelstromprüfgerät W einen Steuer- und Verstärkungsteil 12 sowie einen Prüfsignal-generator 13. Dieser steuert die genannte Prüfsonde bzw. Primär-Induktionsspule 10 mit einem Prüfsignal u_1 an. Dieses Prüfsignal besteht vorteilhaft aus einem sinusförmigen oder anders gearteten Frequenzsignal der Frequenz 10 kHz bis 100 kHz. Ebenso ist ein pseudostatistisches PRBS-Signal einsetzbar, das insbesondere für die Autokorrelation oder Kreuzkorrelation einsetzbar ist. Das PRBS-Signal wird in üblicher Weise durch rückgekoppelte Schieberegister digital gebildet und weist regelmäßig eine wesentlich höhere Periodendauer auf, als die größte Zeitkonstante des Systems.

Fig. 3a zeigt ferner einen Detektor 11, der als Sekundär-Erfassungsspule ein dem Gefügerauschen entsprechendes Signal u_2 von dem vorbeiziehenden Material 1 aufnimmt. Dieser Detektor ist entweder unterhalb oder in unmittelbarer Nachbarschaft der Prüfsonde 10 neben dem bewegten Material 1 angeordnet. Sein Ausgangssignal u_2 wird ebenfalls der Steuer- und Verstärkereinheit 12 des Wirbelstromprüfgerätes zugeführt. Ferner kann eine weitere Detektorspule 14 vorgesehen sein, die ein dem Gefügerauschen entsprechendes Signal u_3 abgibt. Auch dieses Signal ist der Einheit 12 zuführbar. Die Einheit 12 ist somit in der Lage, drei unterschiedliche Signale an den Korrelator K abzugeben, wobei jeweils bestimmte Signale zur Auto- oder Kreuzkorrelation verwendbar sind.

Die Anordnung der zweiten Detektorspule 14 kann symmetrisch zu der bereits vorgesehenen Prüfsonde 10 und dem ersten Detektor 11 sein. Dies in dem Fall, wenn alle drei Spulen 10, 11, 14 im wesentlichen in gleichem Abstand von dem bewegten Material 1 angeordnet sind. Besonders vorteilhaft ist die Nebeneinander-Anbringung von beiden Detektorspulen 11, 14 und die Anbringung der Primär-Induktionsspule 10 oberhalb der Detektorspulen 11, 14 bezüglich des bewegten Materials 1.

Der Korrelator gemäß Fig. 2a und 2b kann auf drei Weisen mit den Signalen u_1 , u_2 , u_3 gemäß Fig. 3a verbunden werden.

1. Nur das Signal u_2 des ersten Detektors 11 wird als erstes Eingangssignal u_a des Korrelators K verwendet. Das zweite Eingangssignal u_b wird hierbei als über die Zeitverzögerungseinrichtung 13 zeitverschobenes oder phasenverschobenes Signal u_b gebildet, welches identisch mit dem ersten Signal u_2 ist. Das Gefügerauschen wird hierbei mit sich selbst autokorreliert, wobei eine dem Material 1 und der Detektoranordnung 10, 11, 14 angepaßte Zeit- bzw. Phasenverschiebung in dem Laufzeitglied 13 vorgesehen wird.
2. Das erste Signal u_a wird gebildet aus dem Prüfsignal u_1 , dargestellt durch ein PRBS-Signal oder ein Frequenzsignal. Ebenfalls über das Laufzeitglied 13 wird dem zweiten Eingang u_b des Korrelators K das von einem Detektor 11 aufgenommene Gefü-

gerauschen u_2 zugeführt. Hierbei liegt die Kreuzkorrelation vor, das Laufzeitglied kann entsprechend Material und Prüfsignal angepaßt werden.

In den unter Ziff. 1 und Ziff. 2 genannten Fällen liegt eine unmittelbare Ausschlags-Meßmethode vor, die genannten Eingangsgrößen u_a , u_b führen direkt auf ein Geschwindigkeitsergebnis v_{mess} .

3. Hierbei wird eine mittelbare Erfassung der Geschwindigkeit vorgesehen, es liegt eine bezüglich Temperatur und anderen Umgebungsbedingungen besonders unabhängige Variante vor. Hierbei werden zwei Detektoren 11, 14 eingesetzt, die symmetrisch zu der Prüfsonde 10 angeordnet sind. Die von beiden Detektoren über die Steuer- und Verstärkereinheit 12 den beiden Eingängen u_a und u_b zugeführten Gefügerauschensignale u_2 und u_3 werden autokorreliert. Die Zeitverzögerungsschaltung 13 wird hierbei so abgeglichen, daß das Korrelationsergebnis ein Maximum ergibt. Für diesen Fall ist die Zeitverzögerung T_v des Laufzeitgliedes 13 Berechnungsgrundlage für die Geschwindigkeit bei bekanntem Abstand der beiden Detektoren 11, 14.

Fig. 4 zeigt beispielhaft einen Aufbau zur Bestimmung weiterer Systemgrößen aus einer gewonnenen Meßgröße für die Geschwindigkeit des gewegten Materials 1. Hierbei wird die erfaßte Geschwindigkeit v_{mess} über einen Integrator in eine Weglänge s_{mess} umgesetzt. Weglängendifferenzen $s_1 - s_2$ oder delta s (Δs) können über Differenzen von Integratorständen ermittelt werden. Ebenso ist es über einen Differenzierer 20 möglich, aus dem Geschwindigkeitsmeßsignal ein Beschleunigungssignal a_{mess} zu gewinnen. Bei einer Drehbewegung des Materials kann bei bekanntem Umfang $2 \cdot R$ über eine Division eine Winkelgeschwindigkeit oder eine Drehfrequenz f_{mess} ermittelt werden.

Das an Hand der Ausführungsbeispiele gezeigte Verfahren sowie die hierfür eingesetzten Vorrichtungen haben beispielhaften Charakter, sie können sowohl auf analogen Systemen wie auch in Digital- oder Mikrorechnern realisiert werden. Insbesondere die Korrelation läßt sich bei heutigen Stand der Mikroelektronik vorteilhaft über digitalgewandelte Analoggrößen berechnen. Die hierfür einzusetzenden Abtast- und Halteglieder sowie die zugehörigen A/D-Wandler sind bekannt und sollen daher nicht näher erläutert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung von Bewegungen, insbesondere Geschwindigkeiten, eines bewegbaren oder drehbaren Körpers, Gegenstandes (1) oder von bewegtem Material, gekennzeichnet durch einen Korrelator (K), dem ein erstes Signal (u_a) und ein zweites Signal (u_b) zuführbar ist und der ein Meßsignal (v_{mess}) abgibt, welches mit der Geschwindigkeit (v , ω) des bewegten Gegenstandes, Körpers (1) oder Materials korrespondiert, ein Wirbelstromprüfgerät (W, 10, 11, 12, 13, 14) mit einer Prüfsonde (10) und einem ersten Detektor (11), wobei der Prüfsonde (10) ein Prüfsignal (u_1) zuführbar ist, und der erste Detektor (11) ein Meßsignal (u_2) abgibt, welches im wesentlichen aus dem von ihm aufgenommenen, unter Einfluß des Prüfsignals (u_1) und der Bewegung (v , ω , s) gebildeten Gefügerauschen des bewegten Körpers, Gegen-

BEST AVAILABLE COPY

standes (1) oder Materials besteht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

daß die Prüfsonde (10) und der erste Detektor (11) in geringem Abstand nahe dem bewegten Körper, Gegenstand (1) oder dem Material benachbart, insbesondere übereinander, angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß der Korrelator mit (K) eine Kreuzkorrelation (Φ_{xy}) zwischen dem ihm zugeführten ersten und zweiten Signal (u_a , u_b) ausführt, wobei das erste Signal (u_a) im wesentlichen aus dem Prüfsignal (u_1) und das zweite Signal (u_b) im wesentlichen aus dem Gefügerauschen (u_2) besteht.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß der Korrelator (K) eine Autokorrelation (Φ_{xx}) zwischen dem ihm zugeführten ersten und zweiten Signal (u_a , u_b) ausführt, wobei das erste Signal (u_a) im wesentlichen aus dem Gefügerauschen (u_2) und das zweite Signal (u_b) im wesentlichen aus dem um einen vorgebbaren Phasenwinkel (α_v) oder eine vorgebbare Zeitspanne (T_v) verschobenen Gefügerauschen (u_2), bzw. ersten Signal (u_a) besteht.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß der Korrelator (K) eine Autokorrelation (Φ_{xx}) zwischen dem ihm zugeführten ersten und zweiten Signal (u_a , u_b) ausführt, wobei das erste Signal (u_a) im wesentlichen aus dem Gefügerauschen (u_2) besteht, welches von dem ersten Detektor (11) aufgenommen und abgegeben wird,

daß ein weiterer Detektor (14) vorgesehen ist, welcher von dem ersten Detektor (11) eine vorgegebene Distanz in oder entgegen der Bewegungsrichtung entfernt ist und

daß das von dem weiteren Detektor (14) aufgenommene und abgegebene sowie um einen vorgebbaren Phasenwinkel (α_v) oder eine vorgebbare Zeitspanne (T_v) verschobene Gefügerauschen (u_3) im wesentlichen das zweite Signal (u_b) des Korrelators (K) bildet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

daß der erste und der zweite Detektor (11, 14) jeweils in näherungsweise gleichem Abstand von der zwischen ihnen liegenden Prüfsonde (10) angeordnet ist, wobei der erste und der zweite Detektor (11, 14) um die vorgegebene Distanz beabstandet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet,

daß die vorgegebene Distanz sowie die vorgebbare Zeitspanne (T_v) bzw. der vorgebbare Phasenwinkel (α_v) dann zur Berechnung der aktuellen Geschwindigkeit (v_{mess}) herangezogen werden, wenn das Ergebnis der Optokorrelation (Φ_{xx}) abhängig von der vorgebbaren Zeitspanne (T_v) bzw. Phasenwinkel (α_v), ein Maximum ergibt.

8. Vorrichtung nach einem der vorherstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß für die Prüfsonde (10) eine Primär-Induktionsspule, insbesondere eine Tastspule, eine sechseckförmige oder runde Segmentspule oder eine im wesentlichen toroidförmige, das bewegte, vorwiegend runde Material (1) ganz oder teilweise umfassende Ringspule ist und/oder

daß der erste und/oder zweite Detektor (11, 14)

durch eine Sekundär-Induktionsspule gebildet ist/sind, insbesondere in einer der vorgenannten Spulenarten.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 1, dadurch gekennzeichnet,

daß zumindest einer der Detektoren (11, 14) als Differenzspule ausgebildet ist.

10. Verfahren zur Erfassung von Bewegungen, vorzugsweise Geschwindigkeiten, insbesondere zum Betreiben einer Vorrichtung gemäß einem der vorherstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Verarbeitungseinrichtung (K), vorzugsweise ein Korrelator, zur Verarbeitung stochastischer Signale (u_a , u_b) mit einem Wirbelstromprüfgerät (W, 10, 11, 12, 13, 14) zur berührungslosen Erfassung der Bewegung und Erzeugung eines Bewegungssignals (v_{mess} , s_{mess}) gekoppelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,

daß mittels des Wirbelstromprüfgerätes (W, 10, 11, 12, 13, 14) in dem bewegten Körper (1) ein mittels mindestens eines Detektors (11, 14) erfaßten Gefügerauschen (u_2) induziert wird, welches mit dem Korrelator bzw. der Verarbeitungseinrichtung (K) autokorreliert wird, wodurch mindestens ein Meßsignal (v_{mess} , s_{mess}) erzeugt wird, welches ein Maß für die Relativgeschwindigkeit (v) und/oder ein Maß für die zurückgelegte Differenzweglänge zwischen bewegtem Körper, Gegenstand (1) oder Material und Wirbelstromprüfgerät (W, 10, 11, 12, 13, 14) darstellt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet,

daß das Wirbelstromprüfgerät (W, 10, 11, 12, 13, 14) ein Wirbelstromprüfsignal (u_1) abgibt, welches von einem pseudostatischen Zufallssignal, vorzugsweise einem PRBS-Signal oder einem Frequenzsignal im Frequenzbereich 10–100 kHz, gebildet wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Bewegungssignal (v_{mess}) ein Geschwindigkeitssignal (v) darstellt, aus welchem durch analoge oder digitale Integration und/oder Differentiation Beschleunigungs- (a) und/oder Weglängensignale (s) oder deren Differenzen (Δs) gebildet werden, die ggfls. einem Prozeß- oder Mikrorechner (P) zur Überwachung und/oder Steuerung eines Prozesses oder der Bewegung (v , s , a) des Körpers, Gegenstand (1) oder Materials zuführbar sind.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet,

daß dem die Autokorrelation durchführenden Korrelator (K) eine Verschiebe- oder Zeitverzögerung bzw. Phasendreheinrichtung (13) zur Phasenversetzung bzw. Zeitverzögerung des dem Gefügerauschen (u_2) entsprechenden Signals vorgeschaltet ist, daß eine Multipliziereinrichtung (14) vorgesehen ist, die das unverzögerte (u_1) und das hierzu phasenverzögerte bzw. zeitversetzte Signal (u_2) multipliziert und

daß eine Glättungseinrichtung (15), vorzugsweise ein Integrator oder Tiefpaß, das Multiplikationsprodukt zur Unterdrückung von Störsignalen und stochastischen Anteilen glättet und ein Meßsignal (v_{mess}) abgibt, welches der Lineargeschwindigkeit (v) oder der Drehgeschwindigkeit (ω) des bewegten Körpers, Gegenstandes (1) oder Materials proportional ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
daß die Autokorrelation (Φ_{xx}) mit dem ursprünglichen sowie dem um einen vorgebbaren Betrag zeit-
bzw. phasenverschobenen (T_v , α_v) Gefügeraus- 5
schen (u_2, u_3) ausgeführt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,
daß die Verarbeitungseinrichtung die Amplitude
und Phasenlage des von einem Detektor (11) abge- 10
gebenen Gefügerauschens (u_2) bzw. des Anteils
hiervor, der mit dem Prüfsignal (u_1) korreliert ist
zur Gewinnung des Geschwindigkeitssignales
(v_{mess}) und des Wegsignales (s_{mess}) bei Auswertung
der Ortskurve der den Detektor (11) bildenden De- 15
tektorspule heranzieht.
17. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,
daß die Frequenz des Wirbelstromprüfsignales (u_1)
abhängig von der Leitfähigkeit des bewegten Ma- 20
terials (1) gewählt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Korrelation in der Verarbeitungseinrich- 25
tung (K) rekursiv durchgeführt wird, so daß für
jeden neuen digitalisierten Meßwert des Gefüge-
rauschens (u_2) der abgetastet und A/D-gewandelt
wird, ein neuer Rechenwert für die Geschwindig-
keit und/oder den Weg (v_{mess} , s_{mess}) vorliegt oder
daß die Korrelation datenblockweise von der Ver- 30
arbeitungseinrichtung (K) derart durchgeführt
wird, daß während des Abtastens, A/D-Wandels
und Einspeicherns eines Blockes von Daten die Au-
tokorrelation (Φ_{xx}) mit dem jeweils vorher abgeta- 35
steten, A/D-gewandelten und eingespeicherten Da-
tenblock durchgeführt wird und für jeden Daten-
block ein neuer Rechenwert für die Geschwindig-
keit und/oder den Weg (v_{mess} , s_{mess}) vorliegt.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, 40
daß die Wahl der Datenblockgröße die Abtastfre-
quenz des Gefügerauschens (u_2) bei vorgegebener
Ausgabefrequenz für die Meßwerte Geschwindig-
keit (v_{mess}), Weg (s_{mess}) bzw. Wegdifferenz (Δs_{mess})
festlegt. 45
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch
gekennzeichnet,
daß die Abtastfrequenz, die Datenblockgröße oder
die Ausgabefrequenz für die Meßwerte (v_{mess} ,
 s_{mess}) so gewählt wird, daß zumindest einige der 50
Periodendauern des Prüfsignales (u_1) bzw. der hier-
vor induzierten entsprechenden Periodendauern
des Gefügerauschens (u_2) in dem gespeicherten und
zur Autokorrelation herangezogenen Datenblock
liegen. 55

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

60

65

BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1

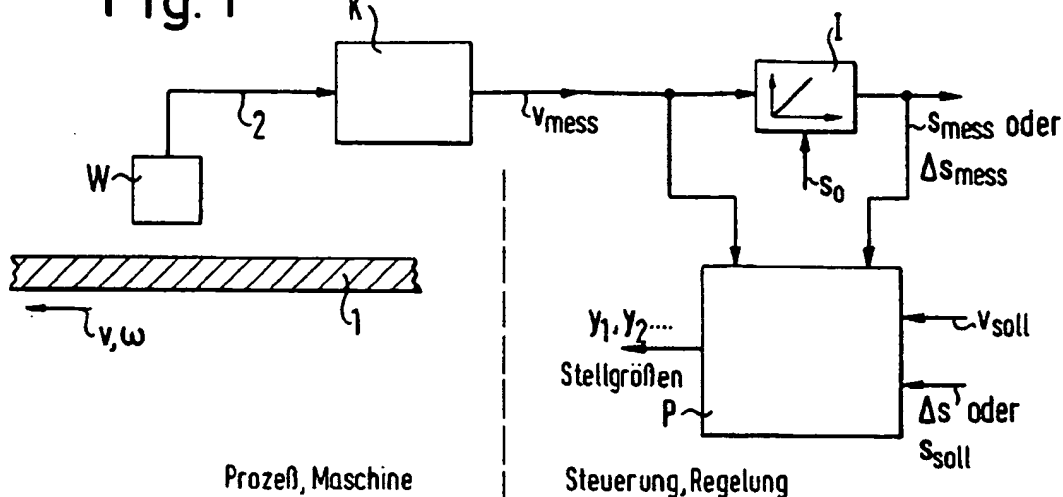


Fig. 2a

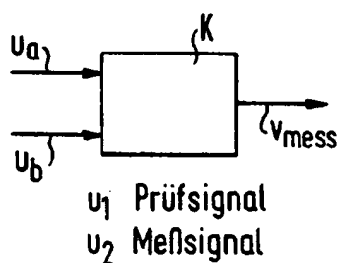


Fig. 2b

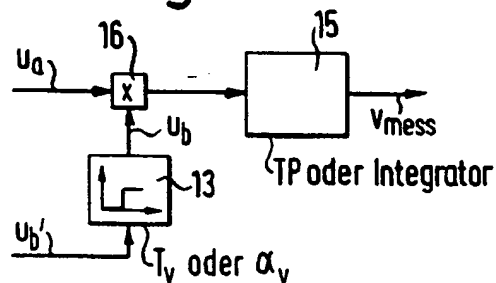


Fig. 3a

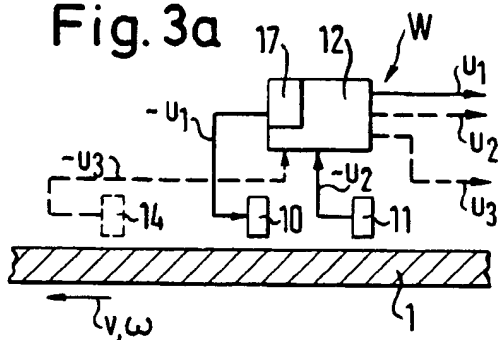


Fig. 3b

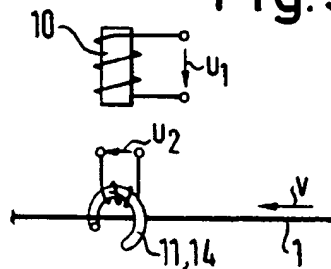


Fig. 4

